

TRANSISTOR FILM TIPIS ORGANIK BERBASIS POLIANILIN UNTUK APLIKASI SENSOR GAS AMONIAK

T. Jasalesmana^{1*}, A. Nurlaela¹, N. Saridewi¹, F. Alatas¹, Akhiruddin²

¹Jurusan Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

²Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

*email: t.jasalesmana@gmail.com

ABSTRACT

Thin-film transistor has been fabricated by chemical deposition of polyaniline on top of the SiO₂ dielectric layer. Thin-film transistors made electrically tested to see the effects of terrain characteristics and sensitivity to ammonia gas. Negative gate voltage is supplied to the transistor polyaniline increases the drain current flowing. Polyaniline transistor drain current decreased when ammonia gas is given which shows that the NH₃ molecules reduce the carrier mobility in polyaniline.

Keywords: Polyaniline, organic thin film transistors, ammonia sensor.

ABSTRAK

Transistor film tipis dibuat dengan deposisi kimia polianilin di atas lapisan dielektrik SiO₂ pada substrat silikon. Transistor film tipis yang telah dibuat lalu diuji secara elektrik untuk melihat karakteristik efek medan dan sensitivitasnya terhadap gas amoniak. Tegangan gate negatif yang diberikan terhadap polianilin transistor meningkatkan arus drain yang mengalir. Arus drain polianilin transistor mengalami penurunan pada saat gas amonia diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa molekul NH₃ mengurangi mobilitas pembawa muatan pada polianilin.

Kata kunci : Polianilin, transistor film tipis organik, sensor amonia.

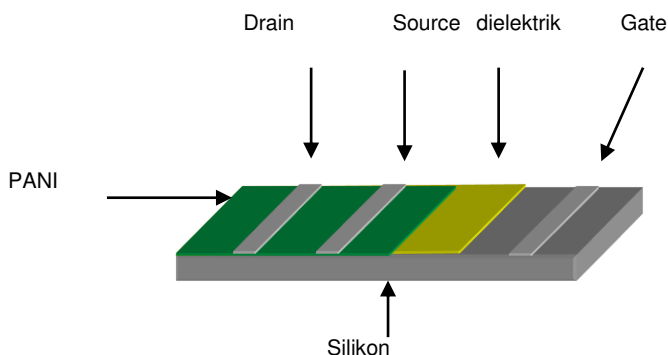
PENDAHULUAN

Bahan kimia beracun dalam bentuk gas banyak tersebar di alam, diantaranya adalah klorin (Cl₂), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), dan lain-lain. Sebagian gas-gas tersebut dihasilkan dari pembuangan kotoran, tambang batu bara, minyak dan industri gas alam. H₂S dapat meracuni darah pada konsentrasi yang cukup tinggi dan dapat menyebabkan kematian pada konsentrasi lebih dari 250 ppm.¹ Tersebar nya gas berbahaya tersebut menuntut kita untuk membuat alat yang memiliki kemampuan dalam memonitor lingkungan, seperti lingkungan kerja, pabrik dan rumah secara kontinu, sehingga dapat melaporkan tingkat pencemaran setiap saat.²

Polimer konduktif merupakan material yang dapat digunakan sebagai lapisan aktif sensor.³ Sensor berbasis polimer konduktif memiliki sensitivitas

yang tinggi, waktu respon yang singkat dan beroperasi pada suhu ruangan, sedangkan sensor berbasis oksida logam beroperasi pada suhu yang tinggi.⁴⁻⁷

Prinsip kerja sensor berbasis polianilin (PANI) berdasarkan pada perubahan konduktivitas PANI saat berinteraksi dengan bahan lain. Perubahan hambatan, arus, dan potensial kimia pada polimer sebanding dengan respon polimer terhadap material yang saling berinteraksi.⁸ Pada saat PANI berinteraksi dengan gas amonia, proton pada gugus $-NH-$ di dalam PANI akan tertarik oleh NH_3 sehingga membentuk NH_4 atau PANI mengalami deprotonasi.⁹⁻¹⁴ Performa sensor ditentukan juga oleh konfigurasi sensor tersebut. Sensor dengan konfigurasi transistor memiliki sensitivitas lebih tinggi dibandingkan dengan konfigurasi resistor dan diode.¹⁵ Sensor berbasis transistor film tipis terdiri dari beberapa bagian, diantaranya lapisan elektroda *gate*, lapisan dielektrik, lapisan aktif dan dua buah elektroda *source* dan *drain*. Gambar 1 memperlihatkan konfigurasi sensor berbasis transistor film tipis.

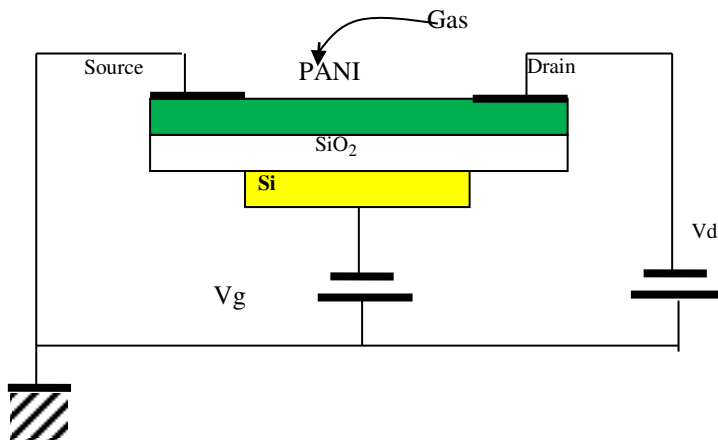


Gambar 1 Konfigurasi sensor berbasis transistor film tipis.

METODOLOGI

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian adalah penumbuhan lapisan tipis dielektrik SiO_2 di atas silikon tipe-p. SiO_2 ditumbuhkan dengan metode oksidasi termal pada suhu $1000^\circ C$ selama dua jam dalam lingkungan oksigen murni. Untuk menghilangkan SiO_2 pada tempat pemasangan elektroda *gate* dilakukan dengan cara menggores SiO_2 dengan larutan piranha.

Langkah kedua adalah penumbuhan lapisan tipis PANI di atas SiO_2 . PANI ditumbuhkan dengan metode deposisi kimia. Sebanyak 0,1 M anilin, 0,1 M H_2SO_4 , 0,1 M $(NH_4)_2S_2O_8$ dicampur dan diaduk pada suhu $0^\circ C$. Film SiO_2 dicelupkan ke dalam larutan dan diaduk selama 5 jam, kemudian diangkat dan dikeringkan. Elektroda *gate*, *source* dan *drain* adalah film aluminium yang dideposisi dengan evaporasi termal. Konfigurasi sensor ditunjukkan pada Gambar 2.

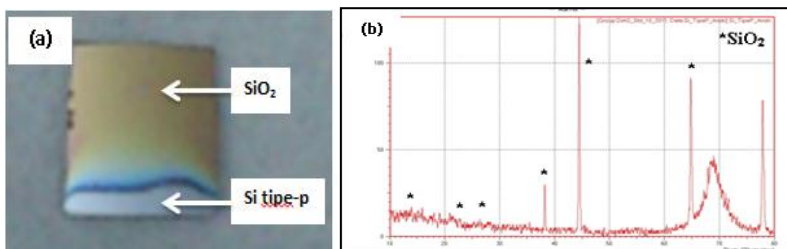


Gambar 2 Konfigurasi rangkaian listrik untuk sensor berbasis transistor film tipis

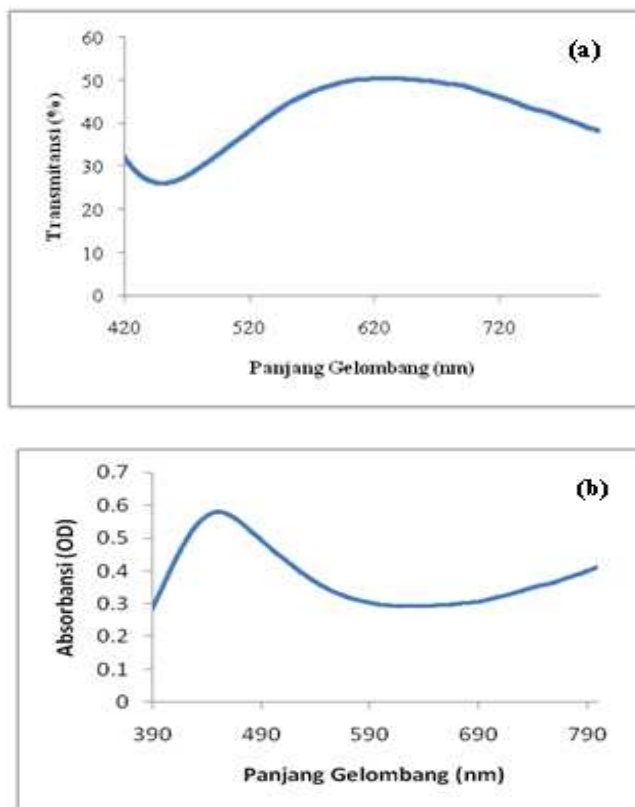
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan lapisan SiO₂ yang berwarna kuning (Gambar 3a) dan pola difraksi sinar-X film SiO₂ (Gambar 3b). Hamburan terjadi pada sudut 2θ sebesar 11,12°, 23°, 26°, 30,2°, 37°, 39°, 44,28°, dan 65°. Berdasarkan Gambar 3(b) terlihat bahwa intensitas difraksi untuk 2θ sebesar 11,12°, 23°, 26°, 30,20° sangat rendah. Sedangkan intensitas difraksi di sekitar 39°, 44,28° dan 65° sangat tinggi. Hal ini membuktikan bahwa telah terbentuk film SiO₂ yang ditumbuhkan dengan metode oksidasi termal dengan sebagian SiO₂ berbentuk amorf. Keberadaan SiO₂ di atas silikon dapat dideteksi juga dengan melihat sifat optik SiO₂ dengan menggunakan spektrofotometer.

Gambar 4(a) menunjukkan kurva transmitansi SiO₂. Transmitansi maksimum berada pada panjang gelombang 629,85 nm, yaitu sebesar 50,52 %. Sedangkan Gambar 4(b) menunjukkan pita absorpsi SiO₂ yang berada pada panjang gelombang 396,73 sampai 536,84 nm sedangkan absorpsi maksimum terjadi pada panjang gelombang 448,87 sampai 452,14 nm. Intensitas spektrum yang ditransmisikan rata-rata kurang dari 55 % dari intensitas total. Hal ini menunjukkan bahwa film SiO₂ cukup tebal.



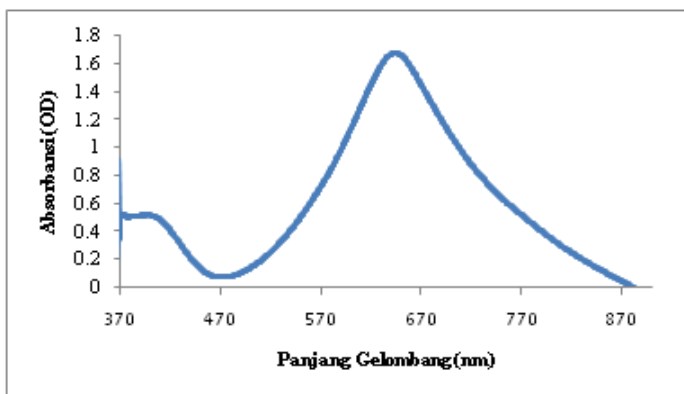
Gambar 3 (a) Film SiO₂, (b) Pola difraksi sinar-x dari SiO₂.



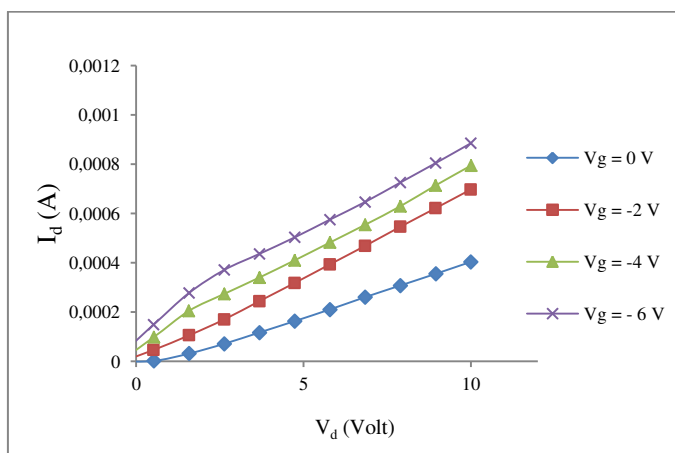
Gambar 4 (a) Pita transmitansi SiO_2 dan (b) absorbansi SiO_2 .

Film tipis PANI hasil deposisi kimia dapat dilihat berdasarkan kurva absorbansi pada Gambar 5. Film tipis PANI memiliki dua puncak pita absorpsi di sekitar 414 nm dan 651,36 nm. Absorpsi optik ini dikaitkan dengan transisi elektron dari keadaan pita- n HOMO (hight occupied molecular orbital) ke pita- n^* LUMO (lowest occupied molecular orbital). Absorbansi di sekitar 414 nm merupakan tanda adanya transisi elektron SO_4^{2-} , sementara absorbansi di sekitar 651,36 disebabkan ada pembentukan grup *imine* $\text{C}=\text{N}$. Ikatan rangkap grup *imine* menunjukkan spesies polaron dalam film konduktif PANI yang membuat warna PANI menjadi hijau.

Karakteristik listrik sensor transistor film tipis ditunjukkan pada Gambar 6. Arus *drain* semakin meningkat ketika tegangan *gate* negatif ditingkatkan. Kenaikkan arus *drain* menunjukkan bahwa tegangan *gate* negatif akan meningkatkan mobilitas muatan pembawa pada PANI. Arus *drain* naik secara linier untuk semua tegangan *drain* dan *gate* dan tidak ditemukan arus *drain* mengalami saturasi. Arus tidak mengalami saturasi dapat disebabkan oleh tegangan *trashold* (V_T) transistor yang terlalu besar atau belum sampai pada tegangan *drain* dan *gate* yang akan membuat jalur konduksi antara *drain* dan *source* mengalami deplesi.



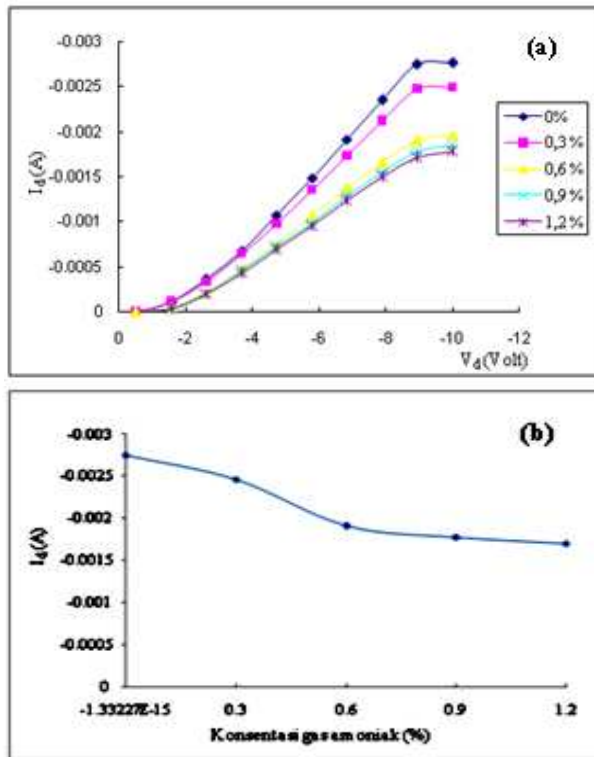
Gambar 5 Absorbansi film PANI



Gambar 6 Kurva I-V transistor film tipis.

Gambar 7(a) menunjukkan kurva arus terhadap tegangan dibawah pengaruh gas amonia. Berdasarkan Gambar 7(a), arus *drain* semakin menurun dengan penambahan konsentrasi amonia pada tegangan *drain* dan *gate* yang sama. Penurunan arus *drain* disebabkan oleh meningkatnya resistivitas (hambatan) PANI sepanjang jalur konduksi. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, peningkatan resistivitas ini disebabkan oleh muatan positif pada gugus -NH- di dalam PANI terikat oleh NH_3 , sehingga membentuk NH_4^+ .

Pengaruh konsentrasi amonia terhadap arus *drain* pada tegangan *drain* konstan dapat dilihat pada Gambar 7 (b). Perubahan drastis arus *drain* terjadi pada rentang konsentrasi 0 sampai 0,6%. Penurunan arus *drain* terhadap konsentrasi amonia terlihat landai ketika konsentrasi yang diberikan semakin diperbesar. Hal ini dapat disebabkan karena lapisan PANI telah mencapai keadaan jenuh, sehingga daerah kerja yang dapat diambil pada sensor ini berada antara 0 – 0,6%. Berdasarkan kurva dapat pula ditentukan sensitivitas sensor pada daerah 0 – 0,6% sebesar 0,14%.



Gambar 7 (a) Pengaruh konsentrasi amoniak terhadap transistor film tipis organik, (b) pengaruh konsentrasi gas amoniak terhadap arus drain ($V_d = 8,9$ Volt)

SIMPULAN

Film SiO_2 terdeteksi pada pola XRD di 2θ sebesar $11,12^\circ$, 23° , 26° , $30,20^\circ$, 39° , $44,28^\circ$ dan 65° . Kehadiran film SiO_2 di atas silikon diperkuat dengan adanya pita absorpsi pada panjang gelombang 396,73 sampai 536,84 dan transmisi maksimum pada panjang gelombang 629,85 nm. Pita absorpsi film PANI terdapat pada panjang gelombang 414 nm dan 651,36 nm. Arus *drain* semakin mengecil dengan kenaikan konsentrasi gas amonia. Sensor bekerja baik pada daerah konsentrasi gas 0 – 0,6% dengan sensitivitas sebesar 0,14%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Hibah Kompetitif 2011 DIKTIS Kementerian Agama Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kik W.-H. Tao dan C.-H. Tsai. *Sens. Actuators B*, 2002, 81, 237.
2. Flueckiger, J., Frank K. Ko dan Karen C. Cheung. Microfabricated Formaldehyde Gas Sensors. *Sensors*, 2009, 9, 9196-9215; doi: 10.3390/s91109196
3. Dajing Chen, Sheng Lei and Yuquan Chen. A single Polyaniline Nanofiber Field Effect Transistor and Its Gas Sensing Mechanism. *Sensors*, 2011, 11, 6509-6516; doi: 10.3390/s110706509.
4. Bai, H dan Gaoquan Shi. Gas Sensors Based on Conducting Polymers. *Sensors*, 2007, 7, 267-307.
5. Eisele, I., T. Doll dan M. Bugmair. Low Power Gas Detection with FET Sensor. *Sensor and Actuator B*, 2001, 78, 19 – 25.
6. Buso, D., et al. Gold Nanoparticle-Doped TiO₂ Semiconductor Thin Films: Gas Sensing Properties. *Advanced Functional Materials*, 2008, 18, 23.
7. Chang, Q., et al. Preparation of gold/polyaniline/multiwall carbon nanotube nanocomposites and application in ammonia gas detection. *J Mater Sci*, 2008, 43:5861–5866.
8. J. M. G. Laranjeira et al. A Silicon-Polymer Heterostructure for Sensor Applications. *Brazilian Journal of Physics*, 2002, vol. 32, no. 1, March.
9. Jin, Z.; Su, Y.X.; Duan, Y.X. Development of a polyaniline-based optical ammonia sensor. *Sens. Actuators B*, 2001, 72, 75-79.
10. Nicho, M.E.; Trejo, M.; Garcia-Valenzuela, A.; Saniger, J.M.; Palacios, J.; Hu, H. Polyaniline composite coatings interrogated by a nulling optical-transmittance bridge for sensing low concentrations of ammonia gas. *Sens. Actuators B*, 2001, 76, 18-24.
11. Hu, H.; Trejo, M.; Nicho, M.E.; Saniger, J.M.; Garcia-Valenzuela, A. Adsorption kinetics of optochemical NH₃ gas sensing with semiconductor polyaniline films. *Sens. Actuators B*. 2002, 82, 14-23
12. Bekyarova, E.; Davis, M.; Burch, T.; Itkis, M.E.; Zhao, B.; Sunshine, S.; Haddon, R.C. Chemically functionalized single-walled carbon nanotubes as ammonia sensors. *J. Phys. Chem. B*, 2004. 108, 19717-19720.
13. Hong, K.H.; Oh, K.W.; Kang, T.J. Polyaniline-nylon 6 composite fabric for ammonia gas sensor. *J. Appl. Polym. Sci*. 2004. 92, 37-42.
14. Liu, H.Q.; Kameoka, J.; Czaplewski, D.A.; Craighead, H.G. Polymeric nanowire chemical sensor. *Nano Lett.* 2004. 4, 671-675
15. Janata, J dan Mira Josowicz. Conducting Polymer in Electronic Chemical Sensor. *Nature Materials*. 2003. Vol 2.
16. Mohammed A.L, E Saion, Awad A. AL-Zahrany, Y. Noorhana, KH. Mohmd. Dahlan, A. Kassim, K.A. Rabaeh, M.H. Hamzah. Optical Radio-Chromic Properties of Polyaniline Film Irradiated With Gamma Radiation. *Journal of Engineering Science and Technology*. 2010. Vol. 5, No. 2, 244 – 250